trends 2

The future of engineering in Canada

Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada
Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada

trends 2000

The future of engineering in Canada

Summary of the Workshop on Engineering Research in Canadian Universities

Convened by the
Natural Sciences and Engineering
Research Council

April 13, 1992
Ottawa, Canada

Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada
Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada

93-00236/

Available from the
Natural Sciences and Engineering
Research Council of Canada
200 Kent Street
Ottawa, Ontario K1A 1H5
Telephone: (613) 995-5992
Facsimile: (613) 943-0742

© Minister of Supply and Services Canada 1992
ISBN 0-662-59147-X
Cat. No. NS3-15/1992

Think Recycling!

Foreword

University research is continually evolving. It is being influenced by a number of challenges: industrial competitiveness and national prosperity; the internationalization of S&T and the increasing need for collaborative research; the forecast shortage of highiy qualified and mobile personnel. It is not surprising, therefore, that those institutions that perform research and the organizations which provide financial support to them are keenly interested in monitoring this evolution and in adjusting their activities accordingly.

Engineering research has come under considerable scrutiny lately, as evidenced by reports produced by the Canadian Academy of Engineering, the Canadian Research Management Association, the Canadian Council of Professional Engineers, the Conseil des universités du Québec, and the Department of Industry, Science and Technology Canada. In light of these analyses, NSERC organized a national workshop last April to seek advice from a wide range of experts in the field of engineering research. This report summarizes the views expressed at this workshop and indicates specific areas that should be addressed by NSERC, universities and the private sector. Council will examine this report at its October 1992 meeting, to determine what action should be taken.

I would like to take this opportunity to thank all those who attended the workshop. I would especially like to thank the following members of the Advisory Committee for their contributions:

Roland Doré (Chairman)
David Bacon
Ian Blake
Jack Clark
Martha Salcudean

This report represents the consensus of the experts who presented their views at the workshop. It is now up to NSERC and its partners in the universities and in the government and private sectors to ensure that there is appropriate follow-up in the areas in which they are in a position to bring about needed changes.

Peter Morand
July 1992

Preamble

Note: The documents in the Appendices were distributed prior to the Workshop, and served as background papers.

Workshop participants discussed engineering research under three themes:

- The nature of engineering research;
- Participation in engineering research; and
- Support of engineering research.

During the final session, however, participants agreed that the salient discussion points should be ordered according to the position and role of engineering research in universities as follows:

- Engineering research and training;
- Engineering research as part of the innovation system; and
- Engineering research and support to industry.

Engineering Research and Training

The principal role of university engineering faculties, and of any other university faculties, is to educate and train highly qualified personnel. Engineering research should play an increasingly important role in the training aspect. Since engineering faculties are responsible for training researchers **and** professional practitioners, research should be a training tool for both. However, the view of industry is that emphasis should be put on the training of professional practitioners that industry will require. In this context, it is of prime importance that the engineering faculties work closely with industry to determine the type of training that will be most useful to industry. One means of achieving this is to encourage collaborative research by intersectoral and multidisciplinary teams. NSERC's Collaborative Research and Development program (CRD) is an excellent mechanism by which that end can be achieved.

University professors must become more involved with industry in order to to obtain a better appreciation of its culture, to participate in the analysis of its problems, and to determine its needs for highly qualified personnel. Only by doing so will they be in a position to shape the educational system and processes to fit these needs.

To achieve the desired major impact on industrial research, the training of researchers and professionals must be as broad as possible, while being relevant to Canadian industry. One of the identified weaknesses is the lack of training in research and technology management. Training must also prepare engineers for interdisciplinary work and problem solving.

The training of researchers at the Master's and PhD levels should continue to be encouraged and promoted: on the one hand, in many sectors, industrial careers should be seen to be as rewarding as academic careers for new PhDs and MScs; on the other, both the universities and the professional engineering associations should put more effort into promoting the value to the industrial sector of broadly trained graduates with Master's and PhD degrees.

There is a demand from some companies for graduates with a professional master's degree (i.e., without research). Some participants think that the two types of Master's programs (with and without research) should be considered as complementary to each other in meeting the needs of Canadian industry. Should increased enrolments occur in non-research Master's programs, the universities, and also NSERC, will need to consider the consequent impacts upon the research productivity of faculty.

The areas of synthesis and design have become increasingly important in the training of engineering professionals and research in these areas has become more pronounced as well. The value of these activities should therefore be recognized more both by the universities and by NSERC.

Messages

To NSERC:

- Pay special attention to the areas of synthesis and design;
- Give greater recognition to the training of professional practitioners as a valuable end product of university research (training through research);
- Keep encouraging collaborative research with industry;
- Promote master's and doctoral degree training for industrial careers.

To Engineering Faculties:

- Participate more broadly with the industrial sector in order to understand its highly qualified personnel needs, qualitatively as well as quantitatively;
- Integrate synthesis and design into research and training activities in postgraduate programs;
- Promote industrial careers to Master's and PhD holders;
- Recognize that sometimes, the leading edge of technology lies with industry, and take advantage of that for the training of students in industry.

Engineering Research as Part of the Innovation System

The innovation process has shifted from a linear R to D continuum to a proactive cycle comprising activities traditionally linked to the practice of engineering (design, innovation, application, commercialization, etc). Engineering research and practice are impacting each other more and more. Similarly, the success of the innovation process depends increasingly on interdisciplinary and collaborative research. Normally, the schools and faculties of engineering should be in the best position to recognize the continuity of the innovation cycle and its proactive character. Regrettably, many faculties of engineering face serious problems with respect to the criteria for appointment, tenure and promotion. These criteria are more suited to the sciences and do not take into account the different nature of the activities of engineers. Although participants recognized that these problems are not an NSERC problem per se, it was felt that NSERC could play a significant role by sending the appropriate signals to the community. In this respect, while noting that NSERC had developed excellent selection criteria for the evaluation of applied research proposals, the participants expressed some scepticism about their implementation by NSERC's peer review committees.

The above weaknesses having been recognized, there was a broad consensus that considerable progress has been achieved at both the professor/researcher and institutional levels.

Until relatively recently, many university engineering researchers functioned more as scientific rather than engineering researchers. With the help of programs such as NSERC's partnerships programs, engineering research now encompasses a wider spectrum of activities than some years ago. Efforts should continue along these lines.

The following comments were made:

- Instruction and research in synthesis and engineering design are weak in Canadian university engineering departments and are not adequately recognized by the universities;
- There are still too many barriers to both interdisciplinary and collaborative research;
- Activities related to the "D" end of R&D are not always valued highly enough by universities;
- There is too little risk taking in research.

Participants agreed that interdisciplinary and collaborative projects should be encouraged: NSERC's new Collaborative Projects program as well as its various partnerships programs received support. There was also general support for NSERC's broad research base, particularly for individual grants, which, though modest, provide professors with the freedom to explore new ideas; however, it was felt that engineering professors should be given greater encouragement and incentive to participate in the Council's collaborative programs.

Messages

To NSERC:

- Improve the peer evaluation process by ensuring that the contributions in an industrial setting and other industrial activities (such as design, development, etc.) are recognized both as valid evaluation criteria and as alternatives to refereed journal publications. Ensure that the means by which evaluation criteria are applied are better defined and communicated;
- Workshops could be used to bring about changes of attitude and culture, especially for new peer committee members;
- Increase industrial participation on selection committees.

To Universities:

- Revise the criteria used for appointment, tenure and promotion in engineering faculties to include more adequate recognition of research and teaching activities in synthesis and design as well as better recognition of contacts with industry.

Engineering Research and Support to Industry

It is no longer necessary to go to great lengths to explain to industry the role of the universities. The majority of Canadian companies understand and support the role of universities in the training of highly qualified personnel and in the generation of new knowledge. Industrial support of university research is mainly financial, often through NSERC's partnerships programs.

However, there is still room for improvement so that the two sides get to know each other better and interface more effectively.

On the one hand, university research, in engineering as well as in other disciplines, cannot help industry if there is no **adequate receptor capacity** on the industrial side; on the other hand, universities must pay attention to industries' needs if their activities are to be pertinent to industry.

The major concern, in this area, is related to small- and medium-sized enterprises (SMEs), where cultural barriers are more difficult to overcome than they are in research-oriented large companies. University professors tend to interface with SMEs through the same **transfer** and **liaison** mechanisms that they are using successfully with larger companies. In general, these liaisons are on a one-to-one basis. However, SME problems are often multidisciplinary and require a team approach. They also require a commitment on the part of the respective institutional administrations to facilitate exchanges, transfers and collaboration.

Creation of such a favourable environment depends on senior administrators such as university presidents and company CEOs understanding and appreciating the cultures of their respective institutions, involving themselves in the development and implementation of policies related to research, and devising means to facilitate the interaction and collaboration of their personnel. This also applies to professional associations, which, in the engineering field especially, have a major influence on the evolution of their profession: these associations tend to attribute inadequate importance to the value of research activities and of technical and scientific collaboration.

NSERC's scholarships and fellowships programs, which allow professionals and students from one sector to work for a period of time in the other's labs or offices, are considered to be amongst the best means to encourage collaboration and to enable each to gain an appreciation of the other's culture.

It was also recognized that SMEs may need additional financial incentives to invest in R&D. Although the Canadian **taxation system** is one of the most generous in the industrialized countries, the definition of **R&D** used by Revenue Canada is narrower than in most other countries, which may prevent SMEs from taking advantage of the incentives.

Messages

To NSERC:

- Increase the participation of industry in NSERC activities;
- Develop mechanisms for new faculty to gain industrial experience, and ensure that this is viewed positively in the peer review process;
- Continue to expand the research partnerships programs.

To Universities:

- Recognize participation with industry as a valuable part of academic activity in engineering;
- Invite CEOs of companies to sit on University Research Boards;
- Encourage multidisciplinary interaction with industry;
- Encourage new faculty to gain industrial experience early in their careers;
- Facilitate industrial sabbaticals throughout engineering careers.

To Professional Associations:

- Recognize more fully the value of research activities and of scientific and technical collaboration amongst industrial and university sectors.

To the Canadian Academy of Engineering and to NCDEAS:

- Establish a formal dialogue with the Canadian Advanced Technology Association (CATA) and other professional and industrial organizations to discuss and hopefully resolve the taxation issue (see below under Government).

To Government:

- Revenue Canada should consider broadening its definition of R&D for taxation purposes in order to encourage SMEs to invest in R&D.

Background Material

Engineering Research in Canadian Universities, The Canadian Academy of Engineering, 1991.

Engineers With Postgraduate Degrees: Demand and Supply, R.J. Kavanagh (NSERC), 1991.

Forging R&D Linkages Between Industry, Universities and Government, CRMA Discussion Paper, 1991.

Guidelines for the Review of Research in Engineering and the Applied Sciences, NSERC, 1991.

"Health of the Discipline" statements, NSERC, 1990-1992.

appendices

Invited Participants

ADAMS, Peter, Technical University of Nova Scotia
AÏTCIN, Pierre-Claude, Université de Sherbrooke
BACON, David, Queen's University
BARONET, Clifford, CNRC, Ottawa
BLAKE, Ian, University of Waterloo
BRIMACOMBE, Keith, University of British Columbia
BRUTON, Len, University of Calgary
BULLOCK, Ralph, Bristol Aerospace, Winnipeg
BUZACOTT, John, University of Waterloo
CLARK, Jack, Memorial University of Newfoundland
CLAYDON, David, BP Canada
CLOUTIER, Louis, Université Laval
CONRADI, Jan, University of Alberta
CRAWFORD, Allan, Accurex Technology Inc., North Vancouver
CROTOGINO, Ron, Paprican, Montreal
DAGENAIS, Camille, L'Académie canadienne du génie, Montreal
DINSMORE, John, Forum/Entreprises Universités, Montreal
DORÉ, Roland, École Polytechnique
DROUIN, Gilbert, École Polytechnique
ELLIOTT, John, Ottawa
ELMARAGHY, Hoda, McMaster University
FRANKLIN, Colin, SPAR Aerospace, Montreal
HANSSON, Carolyne, Queen's University
HANSSON, Inge, Alcan, Kingston
HUTCH, Jim, Saskatchewan Research Council
L'ARCHEVÊQUE, Réal, SNC, Quebec
MANNING, Eric, University of Victoria
McDOUGALL, John, Dalcor Innoventures, Edmonton
McGEER, Peter, Ontario Centre for Materials Research, Kingston
MORAND, Peter, President, NSERC, Ottawa
?AIDOUSSIS, Michael, McGill University
PETERS, G. Ross, Memorial University of Newfoundland
ROWE, Ian, SPAR Aerospace, Brampton
ROWE, Ronald K., Western University
SALCUDEAN, Martha, University of British Columbia
SLEMON, Gordon, University of Toronto
ST-ONGE, Hugues, Hydro-Québec, Montreal
STRAIN, Ted, Vision 2000
TAVENAS, François, McGill University
TERREAULT, Charles, École Polytechnique
WELLS, David, University of New Brunswick

Observers

BÉGIN-HEICK, N., Council Member, NSERC

BROCHU, M., Secretary General, NSERC

COOK, W.H., Chemical & Metallurgical Engineering GSC, NSERC

HOFFMAN, R., Electromagnetics & Electrical Systems GSC, NSERC

JUILIEN, G., Executive Vice-President, NSERC

KAVANAGH, R., Director General, Scholarships and International Programs, NSERC

LLOYD, N., Director General, Research Grants, NSERC

MARK, J.W., Communications, Computers and Components Engineering GSC, NSERC

NADEAU, L.M., Directeur général, l'Académie canadienne du génie

PATRY, G.G., Civil Engineering GSC, NSERC

PRICE, W.L., Industrial Engineering GSC, NSERC

ROBERGE, A.G., Council Member, NSERC

SPENCER, M.E., Council Member, NSERC

STEER, R.P., Council Member, NSERC

TUPPER, W.M., Council Member, NSERC

WEAVER, David, Mechanical Engineering GSC, NSERC

trends 2000

The future of engineering in Canada

one

The Nature of Engineering Research

General Questions

What is engineering research as distinct from scientific research in today's university context?

How does one identify emerging research areas? Should support for such areas be boosted? Should this be reflected in the mission statements for targeted programs?

Are opportunities for interdisciplinary research involving Canadian university engineering researchers expanding?

Within the national overall research system, what role should university engineering research play? Should engineering research in universities support economic development in Canada?

Background Material

Engineering Research in Canadian Universities, The Canadian Academy of Engineering, 1991.

"Health of the Discipline" statements, NSERC, 1990-1992.

Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada
Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada

The Nature of Engineering Research

The Balance Between Science and Engineering Practice

During the 1950's and 1960's, our major thrust in engineering schools was to improve the scientific basis of our disciplines. Our curricula were made more analytical and less descriptive. Graduate programs with an emphasis on research were established and expanded.

Throughout the 1970's and 1980's, we achieved marked success in our objective of establishing a more scientific, research-based, educational community in our engineering faculties. With funding from the federal government through NRC and then through NSERC, and with support from provincial sources, graduate programs with a research emphasis have become an essential part of our operations.

The time is now opportune to examine whether we in the universities have achieved the right balance between science and engineering practice. In our effort to build up our research potential, have we adopted too readily the criteria of the science community? Has contribution to basic knowledge become our major research objective rather than contribution to the solution of engineering issues faced by our Canadian society? If so, what measures should we now take to optimize our value to the society of which we form a part and from which we obtain our support?

I suggest that the starting point for this examination is a clear appreciation of the proper central objective of the profession of engineering, i.e., the creation of new and improved products, processes, and systems to serve the needs and aspirations of our society. Engineering can most readily be distinguished from science by identifying its starting impetus. A science project starts with a search for new knowledge and understanding. An engineering project starts with the needs of a client — an individual, corporation, agency or ministry. Scientists and engineers may use a similar body of knowledge and a similar set of analytical techniques, but the "why" of what they do may be quite different.

Engineering research is then much more than applied science. It creates information, concepts, principles, and programs on which the design and production of products and systems can be based. It draws together aspects of the many disciplines that are relevant to the problem at hand — economics, psychology, human relations, and management, as well as those of the physical and biological sciences. It is no less challenging than pure scientific research and may be more demanding of the arts of judgment and experience. It may well contribute to fundamental knowledge, but its main purpose is to contribute to the optimum design of a solution to an engineering specification.

Although there is a natural continuum of effort from pure and applied research to development and design, there is merit in drawing a clear distinction between scientific and engineering research, because universities frequently employ tenure and promotion criteria that have been developed with particular reference to the sciences and to other areas of pure scholarship. By clarifying this distinction, the service of engineering faculties to society may be more properly recognized and the value of the research and development work done in these faculties may be enhanced.

Gordon R. Slemon

The Nature of Engineering Research

What is Engineering Research?

Engineering and science are closely tied through mutual need and benefits. Nevertheless, they are different. As Theodore Von Karman wrote, "A scientist discovers that which exists. An engineer creates that which never was."

Gunnar Sohlenius, our colleague from the Royal Institute of Technology, paraphrases:

> "The Engineering Scientist
> analyses what is,
> imagines what should be,
> creates what has never been, and
> analyses the results of the creation
> to the benefit of mankind."

Canadian academic engineering research is very strong in analysis, but significantly weaker in synthesis and engineering design. **Both types of activities are essential.** The weakness in engineering synthesis and design needs to be addressed through a clear recognition of their value by universities and granting agencies, both of which must use different evaluation criteria. Also, at least a significant fraction of engineering professors should have pertinent industrial experience.

The primary mission of engineering faculties is the education of engineers at all levels. A separation between engineering faculties and the employers of engineering graduates is damaging to the education process, to student employment prospects and to industrial health.

It is probably fair to state that the University is the single major player in research in basic science. On the other hand, engineering research is carried out extensively by industry as well. In all likelihood, this trend will increase in the future. In highly industrialized countries, leading-edge engineering research is often centred in industry (i.e., Bell Labs, T.J. Watson Research Centre, etc.). This trend raises the question of what role academic engineering research will play in the future. One model is to concentrate on some "niche" which is not investigated by industry, taking the leading role. However, this model may make university research somewhat marginal and isolated. The other model is to work in teams with industry on important first-order problems, irrespective of who is the "leader." The second model holds more promise from educational and economic standpoints.

Distinguishing Between Engineering Research and Engineering Development

Just as science and engineering form a continuum, so research and development do as well. Perhaps because we in the research community have been too anxious not to be labelled as active in development, we have a dismal record in transforming ideas into marketable goods. Semantics is not helpful in this context. The words "product or process development" can often mean "product or process creation," which is indeed research. Establishment of the scientific and technical feasibility of a new idea is indeed "research." Development can be defined as the stage at which one targets products or processes with defined performance and costs.

Opportunities for "Big Engineering" Research (c.f. "Big Science" Research)

Opportunities probably do exist for "big engineering" research. However, our model should be very different from the "KAON" or "GEMINI" projects which are facility centred. We are more likely to have medium-sized, project-oriented, collaborative research aimed at solving a large problem such as the creation of a new process to address an environmental concern.

trends 2000

The future of engineering in Canada

two

Participation in Engineering Research

General Questions

What role should university research in engineering play in the training of HQP? What kind of involvement should be expected from graduate students and post-doctoral fellows? Is there a role for PDFs in engineering research ?

What kind of balance should be established between individual research as opposed to team research?

What kind of interface should be encouraged with the private sector? What criteria should be used to evaluate the efficiency and output of university/ industry partnerships?

Background Material

Engineers With Postgraduate Degrees: Demand and Supply, R.J. Kavanagh (NSERC), 1991.

Forging R&D Linkages Between Industry, Universities and Government, CRMA Discussion Paper, 1991.

Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada
Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada

Participation in Engineering Research

Involvement with Industry

All university faculty members engaged in engineering research should have some form of research involvement with industry, perhaps of a collaborative nature, or through an industrial grant or contract, or by some other mechanism. For an engineering professor participating in a research program, there should be at least one individual in an industrial organization who is familiar with that professor's research. It is involvement with industry, in some form, that distinguishes engineering research from research in the sciences.

A marked increase in mutual awareness of research activities and opportunities in Canadian industry and universities is essential for any significant growth to occur in industrial research in this country.

Research Training of Graduate Students and Postdoctoral Fellows

Despite the continuing concern and confusion about the short- to medium-term demand by Canadian industry for MSc and PhD graduates in engineering, there is no solid evidence to suggest that graduate enrolments in engineering should decrease. NSERC should therefore continue its present policy of requiring applicants to document their contributions to the training of highly qualified personnel and to explain any deficiencies in that respect.

Unlike foreign BSc engineering graduates, for most of whom graduate study is perceived to have intrinsic educational value, Canadian students are attracted to graduate study in engineering primarily by their views of the stimulation and excitement of the research projects available and their assessments of career opportunities that may exist upon completion of their graduate programs. I believe that the prospects for significant growth in industrial research activity in Canada over the next decade are bleak, although some new appointments to engineering faculty positions will be made in universities as the rate of retirements among current staff members increases over that period. Maintaining or increasing current levels of enrolment in Canadian graduate engineering programs is therefore likely to require higher levels of participation by foreign students. Such a scenario presents no fundamental problem in principle. However, to succeed in research positions in Canadian industry or universities, foreign students will have to acquire improved communication skills in one or both of the official languages of Canada and become much more familiar with the expectations for interpersonal skills in the Canadian culture. As more universities in developing countries expand their graduate programs in engineering, the challenge for Canadian universities will be to attract sufficient numbers of highly qualified applicants to sustain current enrolment levels.

Few postdoctoral fellows hold appointments in Canadian engineering faculties at present, and there is no apparent reason for this situation to change.

David W. Bacon

Participation in Engineering Research

The University Research Workforce

Students

Dominant "workforce" — graduate students, increasingly "foreign," primarily MSc.

Foreign students often stay, therefore not a drain on resources, nor is there discrimination (in long run) against Canadians. Let us also not neglect the potential impact on trade, etc., these people may have for Canada if they return to their country of origin and wind up in decision-making positions a decade or two later.

PhD students & postdocs would help increase depth of research, but are they needed **in large numbers** by the ultimate and major employer (industry)? They will be needed to replace aging university faculty, preferably after having spent several years in industry. Even if students with advanced degrees never do any further research, their training (and acquired discipline) will generally serve well as preparation for management positions — would you rather have engineers as CEOs of technology-based companies or lawyers/accountants?

Need to sell engineering as **broad training** to high schools.

Faculty

Principal function — manpower training through classroom teaching and research.

Mustn't lose sight of the dominant market for which students are being prepared — industry.

Faculty must stay in touch — forget the ivory hall mentality (Yes, it does exist!).

Individual faculty members and the universities need a broad view of the training function, which requires both attitude and procedural changes toward engineering faculty evaluation:

- Don't count papers or number of authors or the order of authors.
- Do consider the impact of the research and the attitudes engendered in students through an individual's teaching and research.
- Bite the bullet and do a proper assessment of a faculty member's worth to the larger community.
- Change the hiring process to reflect the need for a new, broader attitude.

The Need for Collaboration

Preponderance of MSc projects encourages small, short-term projects or "itsy bitsy research" without much potential for breakthroughs or "reach" projects.

University emphasis on "independent" research, and counting of archival papers with limited authorship also tends to encourage non-visionary approach.

Team working is the industry environment and this must be reflected in the training process.

Without teams of students it is difficult to initiate "systems" oriented projects — technology advances too rapidly to design and build a system with sequential MSc projects — need the parallelism available through collaborative efforts.

Systems level programs can be constructed through multiple, structured, individual student projects — students get double exposure.

Types of Collaboration

Intra-University

Team building within a department or the university (radical!)

Research Centers or Consortia — e.g. in Electrical Engineering alone at U of Alberta have: TRLabs (vibrant), Alberta Microelectronic Center (improving), Laser Institute of Alberta (not really integrated).

Inter-University

National and Provincial Centers of Excellence, Research Consortia.

Industry & Government

Student internships in industry & government labs to do integral part of thesis research.

Industrial Affiliates to spend 1-3 years at university-centered research consortia.

Expanded role for **active** Adjunct Professors.

trends three

The future of engineering in Canada

Support of Engineering Research

General Questions

Taking into account the nature and evolution of engineering research, how could NSERC best support university research in engineering?

What is the best measure of engineering research productivity: input indicators (grants and contracts) or output indicators (people and results), regardless of the source of funds? Are the current NSERC evaluation criteria suitable for assessing engineering research?

How should NSERC determine the balance between the research (formerly operating) grants program and the strategic and partnership programs?

Should industry support be mandatory for some programs?

What proportion of the faculty should NSERC be funding? Should this proportion be the same for each discipline? Is there a value to modest-sized NSERC research grants?

Should NSERC's programs be viewed as complementary to other sources of funding or the reverse?

Background Material

Engineering Research in Canadian Universities, The Canadian Academy of Engineering, 1991.

Forging R&D Linkages Between Industry, Universities and Government, CRMA Discussion Paper, 1991.

Guidelines for the Review of Research in Engineering and the Applied Sciences, NSERC, 1991.

Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada
Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada

Support of Engineering Research: Closing the Circle

Engineering research cannot be viewed in isolation from the needs of Canadian society. By virtue of being professionals, engineering researchers bear a responsibility to the well-being of Canadians at all levels — from the economy to health. At the university, the primary goal of the engineering researcher must be to create a stimulating research and teaching environment for the education of people who will enter the mainstream of society and sustain it through their intellect and hard work. In the past, insufficient emphasis has been placed on the "people" aspect of university research, although it seems obvious that well-educated, highly motivated young people, with a deep understanding of engineering principles, are vital to drive the Canadian economy forward in an age of global competition.

NSERC has a central role to play in fostering the well-being of Canadian society by funding much of the research that educates our brightest intellectual talent, in preparation for entry into the Canadian economy. Past NSERC funding programs have struck a good balance between curiosity-driven research (Research Grants) and targeted research (Strategic Grants, University/Industry Grants, etc). The latter has been particularly successful because it has drawn in the support of Canadian industry which curiously has been shy in grasping the fundamentals of "people power" and "research power." But if the circle of research-to-industrial implementation is to be closed, much greater emphasis must be placed on knowledge transfer from universities to industry, especially via people. It is no longer sufficient that excellent engineering research is done for its own sake; where possible, the knowledge products must be transferred to Canadian industry. In many respects, attitudes of Canadian companies must undergo a fundamental transformation, beginning in the Board room, of the role of technology and highly educated people in order to facilitate knowledge product transfer.

In the future, curiosity-driven research in engineering must be supported by NSERC because it frequently is the well-spring of new ideas and concepts. But with present financial resources, NSERC increasingly must be more selective in the researchers it supports and must begin to recognize that, even within broad limits, there must be a focus on many Canadian problems. Our resources are simply too limited to undertake research on all burgeoning fronts. Issues like natural resource utilization, the environment, and advanced manufacturing technologies must take precedence because they contribute to the Canadian economy and competitiveness. Ideally, the Research Grants program in support of engineering research should foster unfettered intellectual inquiry, but it appears that our financial resources do not match this laudable goal.

The NSERC targeted research programs must be continued and strengthened by enhanced transfer of knowledge products to Canadian industry, whether the companies be large or small. It is not sufficient that papers arising from research are presented and published, or that seminars are held, because the receptivity of many Canadian companies, especially small to medium in size, is too weak to absorb knowledge, and utilize it, via these traditional communication routes. There must be emphasis on the hiring of young researchers by industry and on the exploitation of emerging technologies like expert systems to bring knowledge to the "shop floor." The circle joining industrial/ NSERC support, knowledge from research, and knowledge implementation by industry must be closed if engineering research is to benefit Canadian industry to the maximum.

Keith I. Beverage

Support of Engineering Research: A Question of Balance

To be effective, engineering research must be balanced in terms of the type of activities carried out:

- fundamental research, aimed at developing a better understanding of engineering materials or new ideas on the use of these materials;
- long-term applied research, aimed essentially at developing and testing new design methods or new industrial processes that may lead to industrial application;
- short-term applied research, aimed mainly at problem solving and the optimization of industrial processes.

Maintaining a balanced research activity requires a balanced funding system: 1/3 in fundamental research fully controlled by the investigator (Research Grant), 1/3 in long-term applied research in collaboration with industry (Strategic Grant), and 1/3 in short-term problem solving, which is usually directed and funded by industry (research contracts).

When looking at the Canadian engineering research scene, one is forced to conclude that it is highly unbalanced:

- unbalanced on the world scene with a GERD of 1.3%;
- unbalanced in the sources of funding: mostly from government support;
- unbalanced on a sectorial basis: weak in the natural resources sector;
- unbalanced in the actors of research: mainly in universities; with too much emphasis on fundamental research;
- unbalanced geographically.

Much needs to be done to provide Canada with the kind of engineering research required to maintain the world competitivity of our industry and the economic well-being of the country.

There are three fundamental challenges:

- significantly increase the level of R&D in the natural resources sector;
- find ways to involve small- and medium-sized companies in R&D;
- maintain a balanced geographic distribution of the research activities;

Canadian universities should provide a diversified engineering research infrastructure in all sectors and all regions of the country.

To fully meet their responsibilities, engineering faculties have to ensure that the great majority of their academic staff is active in research and that a significant component of their activity is devoted to problems of national and regional importance.

The following guidelines are proposed for NSERC's action and role:

- The research grants program should provide the absolutely essential, geographically distributed base;
- Given the need for Canada to develop its research activities in or for small- and medium-sized companies, the existence of such a network seems to me of paramount importance;
- The strategic grants program could be more effective at addressing R&D in the natural resources sectors;
- More money should be made available to the partnership programs;
- The scholarships program should be more competitive with starting salaries in industry;
- Postdoctoral fellowships in engineering research should be restricted to those gaining research experience in industry.

Evaluation of research must also be balanced:

- Researchers applying for NSERC grants should be limited to listing only their best 5 papers published in the last 5 years;
- When the quality of the researcher and of the research output is being evaluated equal weight should be given to two criteria: the publication of papers, and evidence of interaction with industry;
- Researchers should be required to produce evidence of funds from other sources;
- Given the need to have a substantial proportion of the research funds coming from other sources, there should be a cap on the amount of the individual NSERC research grants.

tendances 2

L'avenir du génie au Canada

Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada
Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada

tendances

L'avenir du génie au Canada

Résumé de l'atelier sur la recherche en génie dans les universités canadiennes

convoqué par le
Conseil de recherches en sciences
naturelles et en génie

le 13 avril 1992
Ottawa, Canada

Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada
Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada

Distribué par le
Conseil de recherches en sciences
naturelles et en génie du Canada
200, rue Kent
Ottawa (Ontario) K1A 1H5
Téléphone : (613) 995-5992
Télécopieur : (613) 943-0742

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada
1992
ISBN 0-662-59147-X
N° de cat. NS3-15/1992

Préface

La recherche universitaire est en constante évolution, influencée par plusieurs facteurs notamment la compétitivité industrielle et la prospérité nationale, l'internationalisation de la S et T et la collaboration accrue en recherche, ainsi que la pénurie éventuelle de personnel hautement qualifié et mobile. Dans un tel contexte, il n'est donc pas surprenant de voir les établissements de recherche et les organismes subventionnaires s'intéresser de près à cette évolution afin de modifier leurs activités en conséquence.

Depuis quelques temps, la recherche en génie a fait l'objet d'examens approfondis comme le démontrent les rapports de plusieurs organismes dont l'Académie canadienne du génie, Industrie Sciences et Technologie Canada, l'Association canadienne de la gestion de la recherche, le Conseil canadien des ingénieurs, et le Conseil des universités du Québec. À la lumière de ces rapports, le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie a jugé opportun de tenir, en avril dernier, un atelier national afin d'obtenir le point de vue de spécialistes sur les questions relatives à la recherche en génie. Ce document résume les opinions exprimées lors de l'atelier et identifie des domaines prioritaires pour le CRSNG, les universités et le secteur privé. Le Conseil se penchera sur ce rapport lors de sa réunion d'octobre 1992, afin de déterminer un plan d'action.

Je tiens à remercier tous ceux qui ont pris part à l'atelier et particulièrement les membres du comité consultatif pour leur contribution :

Roland Doré (président)
David Bacon
Ian Blake
Jack Clark
Martha Salcudean

Ce rapport présente le consensus des spécialistes consultés. Il n'en tient maintenant qu'au CRSNG et à ses partenaires des milieux universitaire, gouvernemental et industriel de transmettre ces messages aux intervenants afin que soient prises les mesures propices au changement et au renouveau du domaine.

Peter Morand
Juillet 1992

Préambule

Note : Les documents préliminaires ci-annexés ont servi de fil conducteur pour l'atelier.

Les participants ont discuté de la recherche en génie sous trois angles :

- la nature de la recherche en génie;
- la participation à la recherche en génie;
- le financement de la recherche en génie.

Lors de la séance de clôture, les participants ont convenu de regrouper les points saillants de la discussion sous trois volets touchant la place et le rôle de la recherche universitaire en génie :

- la recherche en génie et la formation;
- la recherche en génie : partie intégrante du système d'innovation;
- la recherche en génie et l'aide à l'industrie.

La recherche en génie et la formation

Le principal rôle des facultés universitaires de génie, à l'instar de toutes les facultés universitaires, est l'éducation et la formation d'une main d'œuvre hautement qualifiée. La recherche en génie devrait jouer un rôle de plus en plus important dans la formation. Puisque les facultés de génie ont la double responsabilité de former des chercheurs **et** des professionnels, la recherche devrait servir d'outil de formation autant pour les uns que pour les autres. Toutefois, dans l'optique industrielle, on convient que l'accent devrait être mis sur la formation des professionnels dont l'industrie aura besoin. Dans ce contexte, il est primordial pour les facultés de génie de se rapprocher davantage de l'industrie afin de déterminer avec ce secteur et pour lui le profil de formation le plus approprié. Un des moyens d'y arriver est d'encourager la recherche en collaboration par des équipes intersectorielles et multidisciplinaires. Le programme de subventions de R et D coopérative (RDC) du CRSNG constitue un excellent mécanisme à cette fin.

Les professeurs d'université se doivent d'aller davantage vers l'industrie, pour mieux comprendre sa culture, pour participer à l'analyse de ses problèmes, et pour déterminer ses besoins en main d'œuvre, de façon à pouvoir adapter constamment les systèmes et processus éducatifs en conséquence.

Afin d'avoir une influence marquante sur la recherche industrielle, la formation des chercheurs et des professionnels doit être aussi polyvalente que possible, tout en étant pertinente à l'industrie canadienne. Une des lacunes déjà identifiées est le manque de formation en gestion de la recherche et de la technologie. La formation doit également préparer les ingénieurs au travail interdisciplinaire et à la solution de problèmes.

On devrait continuer de promouvoir et d'encourager la formation de chercheurs aux niveaux de maîtrise et de doctorat : d'une part, des efforts devraient être faits dans de nombreux secteurs pour convaincre les nouveaux titulaires de maîtrise et de doctorat qu'une carrière industrielle équivaut à une carrière universitaire; d'un autre côté, les associations professionnelles de génie et les universités devraient faire valoir davantage leurs nouveaux diplômés au doctorat et à la maîtrise auprès du secteur industriel.

On note qu'un certain nombre de compagnies demandent des diplômés universitaires titulaires de maîtrise professionnelle (c'est-à-dire sans recherche). Certains participants croient que les deux types de maîtrise — avec ou sans recherche — devraient être considérées comme complémentaires pour mieux répondre aux besoins de l'industrie canadienne. Si un plus grand nombre d'étudiants devaient entreprendre un programme de maîtrise sans recherche, on juge que le CRSNG et les universités devraient examiner les conséquences d'un tel accroissement sur la productivité des professeurs en matière de recherche.

Les domaines de la synthèse et de la conception sont de plus en plus importants dans la formation des professionnels en génie et la recherche dans ces domaines va en s'accentuant. La valeur de ces activités devrait donc être reconnue davantage tant par les universités que par le CRSNG.

Messages

Au CRSNG :

- porter une attention particulière aux domaines de synthèse et de conception;
- accorder une plus grande reconnaissance à la formation des professionnels comme produit valable de la recherche universitaire (formation par la recherche);
- encourager davantage la recherche en collaboration avec l'industrie;
- promouvoir l'obtention de doctorats et de maîtrises pour des carrières industrielles.

Aux Facultés de génie :

- contribuer plus largement avec le secteur industriel pour connaître ses besoins en personnel hautement qualifié, tant du point de vue de l'expertise que du nombre;
- intégrer la synthèse et la conception aux activités de recherche et de formation aux cycles supérieurs;
- promouvoir les carrières dans l'industrie pour les titulaires de maîtrise et de doctorat;
- reconnaître que dans certains cas, la technologie de pointe se trouve dans l'industrie et en profiter pour former des étudiants dans ce secteur.

La recherche en génie : partie intégrante du système d'innovation

Le processus d'innovation est passé d'un continuum linéaire de R à D à un cycle proactif comprenant de plus en plus d'activités traditionnellement rattachées à la pratique du génie (conception, innovation, application, commercialisation etc.). La recherche en génie et la pratique du génie s'influencent de plus en plus. De la même manière, la réussite du processus d'innovation dépend de façon croissante de la recherche interdisciplinaire faite en collaboration. Normalement, les écoles et facultés de génie devraient être le lieu privilégié pour reconnaître la continuité du cycle d'innovation et son caractère proactif. Malheureusement, de nombreuses facultés de génie sont confrontées à de graves difficultés en ce qui concerne les critères de dotation, de permanence d'emploi et de promotion. Ces critères conviennent davantage aux sciences et ne reflètent pas la nature diverse des activités de génie. Même si les participants à l'atelier ont reconnu que ces problèmes n'étaient pas vraiment ceux du CRSNG, le Conseil pourrait avoir une influence importante, s'il transmettait les messages appropriés à la communauté. Dans ce contexte, même si les participants ont noté que le Conseil avait mis en place d'excellents critères de sélection pour l'évaluation des demandes en recherche appliquée, ils se sont montrés quelque peu sceptiques vis-à-vis la mise en application de tels critères par les comités de pairs.

Ces faiblesses du système ayant été reconnues, les participants se sont entendus pour souligner les progrès considérables qui ont été accomplis tant du point de vue des professeurs et des chercheurs que sur le plan des établissements.

Jusqu'à une époque plus ou moins récente, de nombreux chercheurs universitaires en génie fonctionnaient plutôt comme des chercheurs en science que des chercheurs en génie. Grâce à des programmes comme ceux du CRSNG qui visent à encourager les partenariats, la recherche en génie atteint maintenant un plus vaste champ d'activités qu'il y a quelques années. Les efforts devraient continuer dans ce sens.

Les commentaires suivants ont été notés :

- les activités de recherche et de formation reliées à la synthèse et à la conception sont faibles au niveau des départements universitaires de génie au Canada et non reconnues à leur juste valeur par les universités;
- il y a encore trop d'obstacles à la recherche concertée et à la recherche interdisciplinaire;
- les activités de R et D reliées au développement ne sont pas toujours mises en valeur par les universités;
- on ne prend pas suffisamment de risques en recherche.

Les participants sont donc d'avis qu'il faut continuer d'encourager les projets de coopération interdisciplinaire : le nouveau programme de projets concertés de même que les divers éléments du programme de partenariats du CRSNG ont reçu l'appui des participants. En général, ceux-ci appuient également l'aide à la recherche de base du CRSNG et particulièrement les subventions individuelles, qui, même modestes, donnent aux professeurs la possibilité d'explorer de nouvelles avenues; toutefois, on croit qu'on devrait inciter et encourager davantage les professeurs en génie à participer aux programmes coopératifs du CRSNG.

Messages

Au CRSNG :

- améliorer le système d'évaluation par les pairs en s'assurant que les critères d'évaluation permettent de reconnaître les contributions telles que les stages et autres activités industrielles (comme la conception, le développement, etc.) au même titre que les publications avec comité de lecture et veiller à mieux définir et communiquer comment ces critères seront appliqués;
- des colloques pourraient permettre des changements d'attitude et de culture particulièrement pour les nouveaux membres de comités;
- augmenter la participation industrielle aux comités de pairs.

Aux universités :

- réviser les critères utilisés pour la dotation, la permanence d'emploi et la promotion dans les facultés de génie afin d'inclure une reconnaissance plus adéquate en ce qui concerne les activités de recherche et de formation en matière de conception, de synthèse et de développement et de relations avec les entreprises.

La recherche en génie et l'aide à l'industrie

L'époque où il fallait insister pour que l'industrie reconnaisse la vocation propre des universités est presque révolue. La majorité des industries canadiennes comprennent et appuient le rôle des universités, dans la formation de personnel hautement qualifié et la création de nouvelles connaissances. Cet appui de l'industrie à la recherche universitaire est surtout de nature financière, et s'exerce souvent par l'intermédiaire des programmes de partenariats du CRSNG.

Toutefois, il reste encore du chemin à parcourir pour que les deux cultures se côtoient de façon efficace et complémentaire.

D'une part, la recherche universitaire, en génie comme dans les autres disciplines, ne peut venir en aide à l'industrie que dans la mesure où celle-ci se montre **suffisamment réceptive**; d'autre part, les universités ne peuvent maintenir la pertinence de leurs activités que si elles sont à l'écoute de l'industrie.

La préoccupation de l'heure, dans ce domaine, touche les petites et moyennes entreprises (PME). Alors que les barrières culturelles semblent plus faciles à surmonter pour les grandes compagnies déjà engagées en recherche, il en va tout autrement pour les PME. Forts de leurs succès auprès des grandes entreprises, les professeurs ont tendance à transposer aux PME les mécanismes de **liaison** et de **transfert** auxquels ils sont habitués. En général, ces liaisons se font sur une base individuelle. Or, les problèmes des PME sont souvent de nature multidisciplinaire et requièrent une approche d'équipe. Ils requièrent également un engagement de la part des administrations respectives à promouvoir un environnement propice aux échanges, aux tranferts et à la collaboration.

Pour que cet environnement se crée de façon efficace et rapide, il devient de plus en plus important que les membres de la haute direction, c'est-à-dire les présidents d'universités et les PDG de compagnies, apprécient les cultures respectives de leurs établissements, s'engagent directement dans la formulation et la mise en œuvre de politiques reliées à la recherche, et créent des moyens de permettre à leur personnel d'échanger et de collaborer. Il en va de même pour les associations professionnelles qui, dans le domaine du génie, plus particulièrement, ont une influence déterminante sur l'évolution de leur profession : ces associations ont tendance à ne pas attribuer une importance adéquate aux activités de recherche et de collaboration scientifique et technique.

Pour encourager la collaboration et permettre une exposition à la culture des partenaires éventuels, l'un des meilleurs moyens serait de favoriser les programmes de bourses du CRSNG qui permettent à des professionnels d'un secteur de faire un stage dans les laboratoires ou bureaux de l'autre secteur.

On a également souligné que les petites et moyennes entreprises pourraient avoir besoin davantage d'incitatifs fiscaux afin d'investir en recherche et développement. Même si le **système fiscal** canadien est l'un des plus généreux des pays industrialisés, la définition de **recherche et développement** utilisée par Revenue Canada est plus étroite que dans la plupart des autres pays, ce qui peut empêcher les PME de profiter de ces mesures.

Messages

Au CRSNG :

- augmenter la participation de l'industrie aux activités du CRSNG;
- mettre en place un mécanisme pour permettre aux nouveaux professeurs d'acquérir de l'expérience dans l'industrie, et faire en sorte que cet aspect soit considéré comme un atout au moment de l'évaluation par les pairs;
- continuer de développer les programmes de partenariats de recherche.

Aux universités :

- reconnaître que la collaboration avec l'industrie est un aspect valable des activités universitaires en génie;
- inviter les PDG de compagnies à faire partie des conseils universitaires de recherche;
- encourager les échanges multidisciplinaires avec l'industrie;
- encourager les nouveaux professeurs à obtenir une expérience industrielle aussitôt que possible dans leur carrière;
- inciter les ingénieurs à prendre des congés sabbatiques en milieu industriel au cours de leur carrière.

Aux associations professionnelles :

- reconnaître pleinement la valeur des activités de recherche et des collaborations techniques et scientifiques entre secteurs universitaires et industriels;

À l'Académie canadienne du génie et au comité canadien des doyens de génie et sciences appliquées :

- établir un dialogue formel avec l'Association canadienne de technologie de pointe (ACTP) et avec d'autres organisations industrielles et professionnelles afin de discuter des questions reliées à la taxation (voir message au gouvernement ci-dessous, et éventuellement y apporter une solution).

Au gouvernement :

- que Revenue Canada considère d'élargir sa définition de R et D afin d'encourager les PME à investir en recherche et développement.

Documents de référence

Critères de sélection du CRSNG pour la recherche en génie et en sciences appliquées, CRSNG, 1991.

Engineers With Postgraduate Degrees: Demand and Supply, R.J. Kavanagh (CRSNG), 1991.

Forging R&D Linkages Between Industry, Universities and Government, Document de discussion de l'ACGR, 1991.

«Health of the Discipline», CRSNG, 1990-1992.

La recherche en génie dans les universités canadiennes, Académie canadienne du génie, 1991.

annexes

Participants invités

ADAMS, Peter, Technical University of Nova Scotia
AÏTCIN, Pierre-Claude, Université de Sherbrooke
BACON, David, Queen's University
BARONET, Clifford, CNRC, Ottawa
BLAKE, Ian, University of Waterloo
BRIMACOMBE, Keith, University of British Columbia
BRUTON, Len, University of Calgary
BULLOCK, Ralph, Bristol Aerospace, Winnipeg
BUZACOTT, John, University of Waterloo
CLARK, Jack, Memorial University of Newfoundland
CLAYDON, David, BP Canada
CLOUTIER, Louis, Université Laval
CONRADI, Jan, University of Alberta
CRAWFORD, Allan, Accurex Technology Inc., North Vancouver
CROTOGINO, Ron, Paprican, Montréal
DAGENAIS, Camille, L'Académie canadienne du génie, Montréal
DINSMORE, John, Forum/Entreprises Universités, Montréal
DORÉ, Roland, École Polytechnique
DROUIN, Gilbert, École Polytechnique
ELLIOTT, John, Ottawa
ELMARAGHY, Hoda, McMaster University
FRANKLIN, Colin, SPAR Aerospace, Montréal
HANSSON, Carolyne, Queen's University
HANSSON, Inge, Alcan, Kingston
HUTCH, Jim, Saskatchewan Research Council
L'ARCHEVÊQUE, Réal, SNC, Québec
MANNING, Eric, University of Victoria
McDOUGALL, John, Dalcor Innoventures, Edmonton
McGEER, Peter, Ontario Centre for Materials Research, Kingston
MORAND, Peter, Président, CRSNG, Ottawa
PAIDOUSSIS, Michael, McGill University
PETERS, G. Ross, Memorial University of Newfoundland
ROWE, Ian, SPAR Aerospace, Brampton
ROWE, Ronald K., Western University
SALCUDEAN, Martha, University of British Columbia
SLEMON, Gordon, University of Toronto
ST-ONGE, Hugues, Hydro-Québec, Montréal
STRAIN, Ted, Vision 2000
TAVENAS, François, McGill University
TERREAULT, Charles, École Polytechnique
WELLS, David, University of New Brunswick

Observateurs

BÉGIN-HEICK, N., Membre du Conseil, CRSNG
BROCHU, M., Secrétaire générale, CRSNG
COOK, W.H., CSS, Génies chimique et métallurgique, CRSNG
HOFFMAN, R., CSS, Génie : Électromagnétique et systèmes électriques, CRSNG
JULIEN, G., Vice-président exécutif, CRSNG
KAVANAGH, R., Directeur général, Bourses et programmes internationaux, CRSNG
LLOYD, N., Directeur général, Subventions de recherche, CRSNG
MARK, J.W., CSS, Génie : Communications, ordinateurs et composants, CRSNG
NADEAU, L.M., Directeur général, l'Académie canadienne du génie
PATRY, G.G., CSS, Génie civil, CRSNG
PRICE, W.L., CSS, Génie industriel, CRSNG
ROBERGE, A.G., Membre du Conseil, CRSNG
SPENCER, M.E., Membre du Conseil, CRSNG
STEER, R.P., Membre du Conseil, CRSNG
TUPPER, W.M., Membre du Conseil, CRSNG
WEAVER, David, CSS, Génie mécanique, CRSNG

tendances

un

L'avenir du génie au Canada

La nature de la recherche en génie

Questions générales

Comment distinguer la recherche en génie de la recherche en science dans le contexte universitaire actuel?

Comment cerner les domaines de recherche en émergence? Doit-on les privilégier? Une telle orientation devrait-elle se refléter dans les mandats des programmes de subvention de recherche orientée?

Est-ce que les occasions de recherche interdisciplinaire font appel à un plus grand nombre d'ingénieurs canadiens?

Quel rôle devrait jouer la recherche en génie dans l'ensemble du système de recherche nationale? Est-ce que la recherche en génie dans les universités doit appuyer le développement économique du Canada?

Documents de référence

Engineering Research in Canadian Universities, Académie canadienne du génie, 1991 .

« Health of the Discipline », CRSNG, 1990-1992.

Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada

Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada

La nature de la recherche en génie

L'équilibre entre la science et la pratique du génie

Dans les années 1950 et 1960, nos écoles de génie visaient surtout à rehausser l'assise scientifique de nos disciplines. Les programmes de génie étaient conçus dans une prespective plus analytique que descriptive. À cette époque nous avons établi et élargi les programmes d'études supérieures axés sur la recherche.

Au cours des années 1970 et 1980, nos efforts pour établir, au sein de nos facultés de génie, un corps professoral davantage orienté vers la recherche ont été couronnés de succès. Grâce aux subventions du gouvernement fédéral, par l'entremise du CNRC et du CRSNG, et aussi aux divers soutiens provinciaux, les programmes d'études supérieures mettant l'accent sur la recherche comptent parmi les activités essentielles de nos universités.

Il est maintenant opportun de nous demander si nous avons réussi, comme universitaires, à bien équilibrer les orientations de recherche scientifique et la pratique du génie. Nos efforts pour renforcer notre potentiel de recherche nous ont-ils poussés à adopter trop rapidement les critères de la communauté scientifique? Que devient notre principal objectif de recherche? Est-ce la contribution aux connaissances de base, ou celle dédiée à la découverte de solutions aux problèmes de génie auxquels les Canadiens font face? Dans cette dernière éventualité, quelles mesures devrions-nous adopter pour optimiser notre apport à la société à laquelle nous appartenons et qui nous soutient?

D'après moi, il s'agit de commencer cet examen par une évaluation claire de l'objectif principal de la profession d'ingénieur, soit la création de produits, de procédés et de systèmes ou l'amélioration de ceux qui existent, afin de répondre aux besoins et aux aspirations de notre société. On peut très facilement distinguer le génie du domaine scientifique en cernant ses mobiles de départ. Un projet scientifique commence par une recherche de nouvelles connaissances et de nouvelles compréhensions. Un projet de génie commence avec les besoins d'un client, que ce soit un particulier, une société commerciale, un organisme ou un ministère. Les scientifiques et les ingénieurs peuvent emprunter pour leurs travaux des connaissances communes et un même ensemble de techniques analytiques, mais leurs raisons de départ peuvent s'avérer considérablement divergentes.

Ainsi, la recherche en génie est bien plus que de la science appliquée. Elle permet de produire de l'information, de créer des concepts, des principes et des programmes sur lesquels peuvent se fonder la conception et la production de produits et de systèmes. La recherche en génie marie divers aspects des nombreuses disciplines touchant au problème étudié, soit en matière d'économie, de psychologie, de relations humaines et de gestion, aussi bien que de sciences physiques et biologiques. Elle ne constitue pas un moindre défi que la recherche scientifique pure, et peut exiger encore plus de jugement et d'expérience. Elle peut fort bien contribuer à la poursuite des connaissances fondamentales, mais son principal objet demeure l'élaboration d'une solution optimale à un problème de génie.

Même s'il y a continuité entre la recherche fondamentale et la recherche appliquée, entre la conception et le développement, il y a lieu de faire une distinction claire entre la recherche scientifique et la recherche en génie. En effet, les universités utilisent fréquemment des critères de permanence ou de promotion élaborés en fonction des sciences et d'autres domaines d'études fondamentales. Pour peu que l'on fasse cette distinction, on pourra mieux reconnaître le service qu'offrent les facultés de génie à la société, et on pourra alors revaloriser les travaux de recherche et de développement entrepris dans ces facultés.

[redacted]

La nature de la recherche en génie

Définir la recherche en génie

Le génie et les sciences entretiennent des rapports étroits qu'alimentent des besoins et des avantages mutuels. Pourtant, il s'agit de domaines différents. Comme l'a écrit Theodore Von Karman, « Un scientifique découvre ce qui existe. Un ingénieur crée ce qui n'a jamais existé ».

Gunnar Sohlenius, notre collègue du *Royal Institute of Technology*, le dit autrement :

> « Le chercheur en génie analyse ce qui existe,
> imagine ce qui devrait exister,
> crée ce qui n'a jamais existé
> et analyse les résultats de cette création en fonction
> des avantages que l'humanité peut en tirer. »

La recherche universitaire canadienne en génie est très forte en sciences analytiques mais considérablement plus faible dans les domaines de la synthèse et de la conception. **Ces deux domaines sont d'importance vitale.** Les universités et les organismes subventionnaires doivent redresser cette situation en reconnaissant clairement la valeur de chacun de ces domaines, et doivent faire appel à de nouveaux critères d'évaluation. Il serait aussi important qu'au moins une proportion notable des professeurs de génie possèdent une expérience industrielle pertinente à leurs domaines.

Les facultés de génie ont pour mission première l'éducation des ingénieurs à tous les niveaux. La dichotomie entretenue entre les facultés de génie et les employeurs de diplômés en génie nuit au processus éducationnel, aux étudiants, dont les perspectives d'emploi s'en trouvent amoindries, et à la vigueur de l'industrie.

On reconnaît généralement que l'université joue un rôle prépondérant dans la recherche scientifique fondamentale. Par ailleurs, l'industrie effectue une part considérable de recherche en génie et cette tendance devrait non seulement se maintenir mais augmenter dans l'avenir. Dans les pays hautement industrialisés, la recherche de pointe est souvent centralisée dans l'industrie (comme les laboratoires Bell, le Centre T.J. Watson, etc.) Cette observation nous permet de nous demander quelle sera la place de la recherche universitaire en génie si ces tendances se poursuivent. Une approche consiste à identifier des créneaux de recherche non exploités par l'industrie pour s'assurer le premier plan. Une telle approche pourrait toutefois contribuer à isoler et à marginaliser la recherche universitaire. Une autre approche consiste à faire équipe avec l'industrie pour résoudre des problèmes prioritaires, peu importe qui dirige les travaux. Cette seconde approche laisse entrevoir de meilleures possibilités des points de vue éducationnel et économique.

Distinguer la recherche du développement en génie

Il existe une suite logique entre les sciences et le génie tout comme entre la recherche et le développement. Il se peut que le désir de la communauté de recherche de ne pas être étroitement associée au développement ait justement causé notre insuccès à transformer des idées en biens commercialisables. Dans ce contexte, la sémantique ne nous est d'aucun secours. Les mots « développement de produit ou de procédé » peuvent souvent dire « création de produit ou de procédé », ce qui décrit finalement assez la recherche. L'étude de faisabilité technique et scientifique d'une nouvelle idée est en fait de la recherche. On peut définir le développement comme l'étape à laquelle l'on cible la clientèle pour des produits ou des procédés dont le rendement et les coûts sont définis.

Les grands projets de recherche en génie

Les occasions de mener de grands projets de recherche en génie existent probablement. Cependant, notre modèle serait très différent des projets comme ceux de l'accélérateur KAON ou du télescope GEMINI, qui dépendent d'une grande installation. Selon toute probabilité, nous nous intéresserons davantage à des projets de recherche concertés de moyenne envergure visant à résoudre des problèmes importants comme la mise au point de nouveaux procédés pour répondre à nos préoccupations environnementales.

tendances deux

L'avenir du génie au Canada

La participation à la recherche en génie

Questions générales

Quel rôle devrait jouer la recherche universitaire en génie dans la formation d'une main-d'œuvre qualifiée? Que doit-on attendre de la part des étudiants aux études supérieures et des chercheurs postdoctoraux? Ceux-ci ont-ils une place dans la recherche en génie?

Quel équilibre devrait-on viser entre la recherche individuelle et la recherche en équipe?

Quel type d'interaction avec le secteur privé devrait-on favoriser? Quel critère devrait-on utiliser pour évaluer l'efficacité et les résultats des partenariats universités-industrie?

Documents de référence

Engineers With Postgraduate Degrees: Demand and Supply, R.J. Kavanagh (CRSNG), 1991.

Forging R&D Linkages Between Industry, Universities and Government, Document de discussion de l'ACGR, 1991.

Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada
Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada

La participation à la recherche en génie

L'engagement avec l'industrie

Tous les membres du corps professoral des universités qui effectuent de la recherche en génie devraient s'engager dans la recherche industrielle, peut-être en collaboration, que ce soit par l'intermédiaire d'une subvention ou d'un contrat industriels ou d'un autre mécanisme. Pour chaque professeur participant à un programme de recherche, l'industrie devrait compter au moins une personne au courant de la recherche de ce professeur. C'est cet engagement qui, d'une manière ou d'une autre différencie la recherche en génie de la recherche scientifique.

Au Canada, toute croissance importante de la recherche industrielle passe nécessairement par une augmentation considérable de l'intérêt mutuel de l'industrie et des universités en matière de recherche.

La formation en recherche des étudiants aux cycles supérieurs et des stagiaires postdoctoraux

En dépit des préoccupations et de la confusion continuelles qui règnent à propos de la demande à court et à moyen terme de l'industrie canadienne pour des diplômés de maîtrise et de doctorat en génie, rien de concret n'incite à croire que les inscriptions aux études supérieures devraient diminuer. Le CRSNG devrait donc maintenir sa politique qui consiste à demander aux candidats à ses subventions qu'ils documentent leurs efforts de formation de personnel hautement qualifié, et qu'ils justifient les lacunes à cet égard.

Contrairement aux bacheliers en génie de l'étranger, pour qui les études supérieures ont une importance essentielle, les étudiants canadiens s'intéressent aux études supérieures en raison surtout de la stimulation et de l'enthousiasme que leur procurent les projets de recherche qui leur sont proposés, et des possibilités de carrière qu'ils peuvent entrevoir à la fin de leurs études supérieures. À mon avis, les perspectives d'une croissance remarquable de la recherche industrielle au Canada pour la prochaine décennie sont faibles. Par contre, on peut s'attendre à ce que les universités engagent de nouveaux professeurs pour remplacer le nombre croissant de ceux qui prendront leur retraite au cours de cette période. Le maintien ou l'accroissement du niveau actuel des inscriptions aux 2e et 3e cycles en génie exigera donc probablement une augmentation du nombre d'étudiants étrangers.

Un tel scénario ne présente en soi aucune difficulté. Cependant, les étudiants étrangers voulant réussir dans des postes de recherche universitaire ou industrielle au Canada devront acquérir de meilleures compétences en communication, dans l'une ou l'autre des langues officielles du pays, ou dans les deux. Ils devront aussi comprendre beaucoup mieux les attentes en matière de communication sociale et personnelle dans ce pays. Étant donné que de plus en plus d'universités dans les pays en développement étendent leurs programmes d'études supérieures en génie, le défi des universités canadiennes sera d'attirer assez de candidats hautement qualifiés, pour maintenir le niveau actuel d'inscriptions.

Pour l'instant, il n'y a que très peu de stagiaires postdoctoraux en génie au Canada; aucune raison apparente ne laisse présager un revirement de la situation.

La participation à la recherche en génie

La main-d'œuvre universitaire

Les étudiants

La main-d'œuvre est principalement composée d'étudiants aux cycles supérieurs (surtout le 2e cycle), et la proportion d'étrangers s'accroît.

Les étudiants étrangers demeurent souvent au pays par la suite; cela ne constitue donc ni une perte de ressources ni une discrimination (à long terme) des Canadiens. Il ne faut pas non plus ignorer les répercussions potentielles, sur le commerce et ailleurs, que ces étudiants pourront avoir pour le Canada s'ils retournent dans leur pays d'origine et se retrouvent dans des postes de décision dix ou vingt ans plus tard.

Les étudiants au doctorat et les stagiaires postdoctoraux aideraient à approfondir la recherche, mais posons-nous la question : le principal employeur, l'industrie, en a-t-il besoin **d'un grand nombre**? Les universités en auront besoin pour nous remplacer, nous les professeurs plus âgés, surtout s'ils ont passé quelques années dans l'industrie. Même si les titulaires d'un diplômes d'études supérieures ne sont plus actifs en recherche après leurs études, leur formation (dans une discipline donnée) leur sera généralement d'un bon secours s'ils veulent se préparer à des postes de gestion : préféreriez-vous voir à la tête d'entreprises de technologie des ingénieurs, ou des avocats et des comptables?

Il faut aussi reconnaître le besoin de promouvoir le génie comme une **formation générale**, dès l'école secondaire.

Le corps professoral

Sa principale fonction est de former la main-d'œuvre, par l'enseignement et la recherche.

Il ne faut pas perdre de vue le principal marché pour lequel on prépare les étudiants, soit l'industrie.

Les professeurs doivent être à l'écoute, et laisser tomber la mentalité de tour d'ivoire (qui existe bel et bien).

Les professeurs et les universités doivent aborder la formation dans une perspective plus large. Pour y arriver, il faudra changer notre attitude et notre façon d'évaluer les professeurs de génie :

- Ne pas s'attarder au nombre d'articles, au nombre d'auteurs ou à l'ordre des auteurs.
- Tenir compte de l'incidence de la recherche et des dispositions d'esprit qu'un professeur, son enseignement et sa recherche peuvent insuffler aux étudiants.
- Il faut évaluer honnêtement la valeur de chaque professeur pour la société.
- Il faut modeler le processus d'embauche sur les besoins d'une nouvelle attitude.

Le besoin de collaboration

La prépondérance donnée aux projets de maîtrise stimule le lancement de projets de petite envergure et à court terme, dont le potentiel de grandes découvertes et la portée sont limités.

L'accent mis par les universités sur la recherche « individuelle » et sur le nombre d'articles ayant un nombre limité d'auteurs incite également au choix d'approches non visionnaires.

En industrie, le travail d'équipe fait loi : le processus de formation doit être adapté à cette réalité.

Sans une équipe d'étudiants, il est difficile de mettre sur pied des projets de recherche qui portent sur les « systèmes »; le progrès technologique est trop rapide pour qu'on puisse concevoir et mettre au point un système en faisant appel à des projets de maîtrise successifs — il faut plusieurs projets collectifs simultanés. Il est possible de concevoir des programmes de ce genre grâce à plusieurs projets de maîtrise interreliés. Les étudiants acquièrent ainsi une formation plus complète.

Les genres de collaboration

Intra-universitaire

La formation d'équipes au sein d'un même département ou de l'université (essentielle!)

Des centres ou consortiums de recherche; par exemple, en génie électrique, à la seule Université de l'Alberta, l'équipe TRLabs (en plein essor); Le *Microelectronic Centre* (qui s'améliore) et le *Laser Institute of Alberta* (pas vraiment intégré).

Interuniversitaire

Des centres nationaux et provinciaux d'excellence et des consortiums de recherche.

Entre l'industrie et les gouvernements

Des stages dans les laboratoires industriels ou gouvernementaux, comme partie intégrante de la recherche de thèse.

Les chercheurs industriels pourraient passer de un à trois ans au sein de consortiums de recherche en milieu universitaire.

On pourrait élargir le rôle des professeurs adjoints actifs.

[redacted]

tendances trois

L'avenir du génie au Canada

Le financement de la recherche en génie

Questions générales

Compte tenu de la nature et de l'évolution de la recherche en génie, quels mécanismes d'aide à la recherche devraient être favorisés par le CRSNG?

Comment devrait-on mesurer la productivité en recherche en génie : par les indicateurs d'entrée (subventions ou contrats obtenus) ou les indicateurs de sortie (formation de personnel et résultats applicables) quelle que soit la source de financement? Est-ce que les critères d'évaluation du CRSNG pour la recherche en génie sont appropriés?

De quelle façon le CRSNG devrait-il déterminer l'équilibre entre son programme de subventions de recherche (dépenses courantes) et ses programmes de subventions stratégiques ou de partenariats?

Devrait-on exiger, pour certains programmes, une contribution industrielle?

Quelle est la proportion de professeurs en génie qui devraient recevoir une aide financière du CRSNG? Est-ce que cette proportion devrait être la même dans toutes les disciplines? Est-ce que les petites subventions de recherche du CRSNG valent la peine?

Est-ce que les programmes du CRSNG devraient être complémentaires à d'autres sources de fonds ou l'inverse?

Documents de référence

Engineering Research in Canadian Universities, Académie canadienne du génie, 1991.

Forging R&D Linkages Between Industry, Universities and Government, Document de discussion de l'ACGR, 1991.

Critères de sélection du CRSNG pour la recherche en génie en sciences appliquées, CRSNG, 1991.

Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada
Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada

Le financement de la recherche en génie : boucler la boucle

La recherche en génie doit refléter les besoins de la société canadienne. Étant fondamentalement des professionnels, les chercheurs en génie ont la responsabilité de voir au bien-être des Canadiens dans tous les domaines, depuis l'économie jusqu'à la santé. L'objectif premier du chercheur universitaire en génie doit être de créer un milieu stimulant de recherche et de formation, afin d'éduquer les étudiants qui s'apprêtent à s'intégrer au marché, et de le maintenir à la mesure de leur intelligence et de leur dur labeur. Par le passé, la recherche universitaire ne s'est pas assez tournée vers l'aspect humain, bien que l'apport de jeunes personnes instruites et très motivées, ayant une connaissance approfondie des principes du génie semble essentiel pour amener l'économie canadienne à l'ère de la compétitivité mondiale.

L'un des principaux rôles du CRSNG à cet égard est de favoriser le bien-être de la société canadienne en finançant une bonne partie de la recherche orientée qui forme nos meilleurs talents intellectuels, en vue de leur contribution à l'économie canadienne. Dans le passé, les programmes de financement du CRSNG ont permis d'équilibrer les efforts consacrés à la recherche libre (Subventions de recherche) et la recherche orientée (Subventions stratégiques, subventions universités-industrie, etc.). Ce dernier genre de recherche a connu un succès tout particulier, parce qu'il est appuyé par l'industrie canadienne. Curieusement, cette dernière a mis du temps à comprendre l'importance des ressources humaines et de la recherche. Mais pour boucler la boucle commençant par la recherche et aboutissant à la mise en œuvre industrielle, il faut accorder beaucoup plus d'importance au transfert des connaissances des universités à l'industrie, tout particulièrement en faisant appel aux personnes qui y sont engagées. Il ne suffit plus de se lancer dans d'excellents programmes de recherche en génie, pour l'amour de la recherche. Il faut ensuite, dans la mesure du possible, transférer les produits de cette connaissance dans l'industrie canadienne. À plusieurs égards, l'attitude des entreprises canadiennes doit changer de façon radicale. Cette transformation doit prendre racine au niveau du conseil d'administration et se traduire par une réflexion sur le rôle de la technologie et du personnel hautement qualifié en vue de faciliter le transfert des connaissances et la création de produits de pointe.

À l'avenir, le CRSNG devra appuyer la recherche libre en génie, parce qu'elle constitue souvent une source de nouvelles idées et de nouveaux concepts. Le CRSNG doit cependant, avec ses ressources financières actuelles, choisir de façon plus sélective les chercheurs qu'il appuie. Il doit de plus commencer à reconnaître que même en conservant un vaste champ d'action, il devra concentrer les efforts sur de nombreux problèmes canadiens. Nos ressources sont simplement trop limitées pour nous permettre de nous lancer dans toutes les directions intéressantes. Les domaines de l'utilisation des ressources naturelles, de l'environnement et des technologies de pointe de fabrication doivent avoir la priorité, parce qu'ils contribuent à l'économie et à la compétitivité canadiennes. Le programme des subventions de recherche en génie, devrait idéalement donner lieu à des recherches sans entrave; il appert toutefois que nos ressources financières ne sont pas à la hauteur de ce but, si louable soit-il.

Le CRSNG doit poursuivre et renforcer ses programmes de recherche orientée; il doit le faire en rehaussant le transfert des connaissances à l'industrie canadienne, que les entreprises visées soient grandes ou petites. Il ne suffit pas de présenter et de publier les résultats de la recherche ou d'organiser des colloques, parce que de nombreuses entreprises canadiennes, particulièrement les petites et moyennes entreprises, n'arrivent pas à absorber et à utiliser ces connaissances par l'entremise des voies traditionnelles de communication. Il faut encourager l'industrie à embaucher de jeunes chercheurs. Il faut exploiter les nouvelles technologies comme les systèmes experts, afin de livrer les connaissances à tous les échelons de l'entreprise. Pour que l'industrie canadienne profite au maximum de la recherche en génie, il faut boucler la boucle entre le financement de l'industrie et du CRSNG, les connaissances qui découlent de la recherche et leur l'application dans l'industrie.

Le financement de la recherche en génie : les vertus de l'équilibre

Pour être efficace, la recherche en génie doit comprendre une gamme d'activités équilibrée :

- la recherche fondamentale visant à promouvoir une meilleure compréhension des outils du génie ou des idées nouvelles sur l'utilisation de ces outils;
- la recherche appliquée à long terme visant essentiellement la mise au point et l'essai de nouvelles méthodes de conception, de nouveaux procédés pouvant mener à des applications industrielles;
- la recherche appliquée à court terme visant surtout la solution de problèmes et l'optimisation des processus industriels.

Le maintien de l'équilibre en recherche nécessite l'équilibre du système de financement. Un tiers doit être investi dans la recherche fondamentale, sous la responsabilité directe du chercheur (Subventions de recherche), un tiers doit porter sur la recherche appliquée à long terme en collaboration avec l'industrie (Subventions stratégiques) et un tiers consacré à la solution de problèmes à court terme, habituellement dirigée et financée par l'industrie (contrats de recherche).

Face à l'ensemble de la recherche en génie au Canada, il est impossible de ne pas conclure à son déséquilibre flagrant :

- déséquilibre sur la scène mondiale avec des DBRD de 1,3 % ;
- déséquilibre dans les sources de financement, principalement gouvernementales;
- déséquilibre sectoriel, parce que faible dans le secteur des ressources;
- déséquilibre chez les acteurs de la recherche, surtout confinés dans les universités et portant trop d'attention à la recherche fondamentale;
- déséquilibre géographique.

Il reste beaucoup à faire pour doter le Canada du genre de recherche en génie nécessaire pour maintenir la compétitivité internationale de l'industrie canadienne et le bien-être économique du pays.

Nous faisons face à trois défis fondamentaux :

- augmenter de façon importante le niveau de R et D dans le secteur des ressources naturelles;
- trouver des moyens d'engager la petite et moyenne entreprise à se lancer dans la R et D;
- maintenir une distribution géographiquement équilibrée des activités de recherche.

Les universités canadiennes devraient présenter une infrastructure diversifiée de recherche en génie dans tous les secteurs et dans toutes les régions du pays.

Pour s'acquitter pleinement de leurs responsabilités, les facultés de génie doivent s'assurer que la grande majorité des membres de leur corps professoral sont actifs en recherche et qu'une part considérable de leurs recherches est consacrée à des problèmes d'importance nationale et régionale.

Nous proposons les lignes directrices suivantes dans le but de guider l'intervention et le rôle du CRSNG :

- le programme de subventions de recherche devrait fournir la base de recherche essentielle, répartie d'un océan à l'autre;
- étant donné le besoin qu'a le Canada de développer ses activités de recherche au sein ou à l'intention des petites et moyennes entreprises, un tel réseau géographique me semble de la plus grande importance;
- le programme des subventions stratégiques pourrait mieux se centrer sur la recherche et le développement dans le secteur des ressources naturelles;
- il faudrait affecter davantage de fonds aux programmes de partenariats;
- la valeur des bourses devrait concurrencer l'échelle des salaires de début dans l'industrie;
- les bourses postdoctorales pour des travaux de recherche en génie devraient se limiter à l'acquisition d'une certaine expérience de recherche en industrie.

Il faut aussi équilibrer l'évaluation de la recherche :

- les candidats qui font une demande de subvention de recherche du CRSNG, devraient pouvoir indiquer au plus cinq de leurs meilleurs articles publiés au cours des cinq dernières années;
- pour évaluer la qualité du chercheur et de ses résultats de recherche, les articles publiés devraient compter pour la moitié des points et les preuves d'interaction dans l'industrie pour l'autre;
- il faudrait exiger une preuve de financement d'autres sources;
- compte tenu qu'un chercheur doit obtenir une bonne partie du financement de ses travaux d'autres sources, le CRSNG devrait imposer un plafond à la subvention de recherche individuelle.